

## LA CALIDAD DE LOS PROCESOS EN LA ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE UNA INTERCOMPARACIÓN DE LABORATORIOS DE ACÚSTICA Y LA CORRECTA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS PARTICIPANTES

PACS: 43.15.+s

Bravo Arranz, Daniel; Espinel Valdivieso, Ana; Arenaz, Angel; Lora Espinel, Marco

**Audiotec Ingeniería Acústica S.A.**

C/ Juanelo Turriano, 4. Parque Tecnológico de Boecillo.

47151 Boecillo(Valladolid), España

Tel: 00 34 983 361326 Fax: 00 34 983 361327 E-Mail:[info@audiotec.es](mailto:info@audiotec.es) Web:[www.audiotec.es](http://www.audiotec.es)

**Centro Tecnológico Acustico SL**

Parque Tecnológico, Parcelo 28/30

47151 Boecillo (Valladolid-Spain)

0034 902999599 E-mail : [info@ctacustica.es](mailto:info@ctacustica.es)

**Palabras Clave:** intercomparaciones, calidad, ISO 17043, Z-Score, estabilidad de ítems, estadística robusta.

### ABSTRACT

On the interlaboratory comparison exercises, a correct evaluation of the participants' performance must be ensured, for which it is necessary to provide participants with maximum transparency and prior knowledge of all phases and their procedures before they are performed. Documentary management, organization, planning, design of the spaces, control and maintenance of items, statistical analysis of data and the importance of the final report, must comply with the processes defined in the reference standards that regulate the comparison exercises (UNE EN ISO / IEC 17043:2010, ISO 13528:2005, ...).

In this document, the different processes and stages involved in performing an optimum performance of an interlaboratory comparison exercise organized by Centro Tecnológico de Acústica for "in situ" tests of acoustic laboratories with the implementation of UNE EN ISO 17025, will be presented.

### RESUMEN

En los ejercicios de ensayos de intercomparación entre laboratorios, se debe garantizar una correcta evaluación del desempeño de los participantes, para lo que es necesario ofrecer a los participantes una máxima transparencia y un conocimiento previo de todas las fases y sus procedimientos antes de su realización. Tanto la gestión documental, como la organización, planificación, diseño de los espacios, control y mantenimiento de ítems, tratamiento estadístico de datos y la importancia del informe final, tienen que cumplir con los procesos definidos en las normas de referencia que rigen los ejercicios de intercomparación (UNE EN ISO/IEC 17043:2010, ISO 13528:2005,...).

En la presente comunicación, se expondrán los distintos procesos y etapas que conlleva realizar una óptima ejecución de un ejercicio de intercomparación organizado por Centro Tecnológico de Acústica para ensayos "in situ" de laboratorios de acústica que tienen implantados la UNE EN ISO 17025.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ejercicios de ensayos de intercomparación acústica tienen como propósito básico la evaluación del desempeño de los laboratorios sobre la forma y resultados de sus ensayos realizados sobre un mismo ítem o ítems similares en condiciones fijas y predeterminadas.

Por este motivo, el organizador de un programa de intercomparación tiene que garantizar que la totalidad del proceso. Desde la gestión documental, a la planificación de participantes, logística, instalaciones, control de ítems y mantenimiento de condiciones predeterminadas, se debe desarrollar con control y seguimiento del procedimiento con registros correctamente cumplimentados durante el ejercicio, de tal manera que la evaluación del desempeño de los laboratorios participantes se haga con el rigor técnico adecuado.

Estos requisitos son esenciales para dar cumplimiento a la norma UNE-EN ISO/IEC 17043:2010 y para garantizar la conformidad y calidad técnica del ejercicio.

## 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

La norma que regula los requisitos generales y establece los fundamentos que deben cumplir los proveedores de programas de intercomparación, se definen en la norma UNE-EN ISO/IEC 17043:2010 "Requisitos generales para los ensayos de aptitud". En la misma se establecen los aspectos imprescindibles en la organización de una intercomparación (planificación y diseño del ejercicio, gestión documental y protocolos de ensayo, requisitos relativos al control de ítems y logística, análisis estadístico de los resultados, estadísticos de evaluación del desempeño de los participantes, informes finales, documentos de confidencialidad...).

Así mismo, la norma que establece los parámetros y cálculos estadísticos para un correcto análisis de los resultados de los laboratorios en los ensayos de aptitud, es la norma ISO 13528:2005. "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons".

## 3. FASES PRINCIPALES EN EL DESARROLLO Y ORGANIZACIÓN DE UN EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN ACÚSTICA

Un organizador de un programa de intercomparación con garantías de calidad tiene que cumplir con la norma UNE EN ISO/IEC 17043:2010 y debe desarrollar el ejercicio en diferentes etapas principales que se indican a continuación:

1. Planificación y diseño de la intercomparación.
2. Selección de instalaciones e ítems adecuados.
3. Selección de los métodos o procedimientos de ensayo.
4. Cronograma y fechas clave de la intercomparación.
5. Gestión documental y elaboración y envío de protocolos de ensayo.
6. Controles de estabilidad de ítems e instalaciones.
7. Atención a laboratorios participantes.
8. Recepción de datos y codificación de los laboratorios participantes.
9. Análisis estadísticos de los datos y evaluación del desempeño de los participantes.
10. Elaboración y envío de informe final completo.

#### 4. ASPECTOS MÁS RELEVANTES EN LAS FASES DE PREPARACIÓN DE UN EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN PARA GARANTIZAR EL MAYOR RIGOR TÉCNICO Y CUMPLIR LA UNE-EN ISO/IEC 17043:2010

En cada fase de desarrollo de un programa de ensayos de inter-comparación de laboratorios de acústica, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos para garantizar el rigor técnico y calidad en el ejercicio:

##### 1. *Planificación y Protocolo*

- Nombramiento de expertos técnicos cualificados en acústica, en estadísticos y en gestión documental de sistemas de calidad ISO con experiencia en programas de ensayos y en la puesta en práctica de ejercicios de inter-comparación
- Selección de laboratorio piloto cualificado con técnicos con experiencia en materia acústica para ensayos de caracterización y mantenimiento de estabilidad de ítems.
- Establecimiento de requisitos para laboratorios participantes y envío del programa

##### 2. *Preparación y selección de instalaciones e ítems*

- Selección de instalaciones que contemplen muestras representativas del sector.
- Selección de ítems estables con características constantes para su evaluación y con baja o nula inestabilidad, para evitar cambio de condiciones durante el ejercicio.
- Los laboratorios no son conocedores de los valores de referencia de los ensayos sobre los ítems seleccionados en ningún momento del ejercicio.

##### 3. *Selección de los métodos o procedimientos de ensayo.*

- Se incluyen en el programa los tipos de ensayos o alcances de referencia, teniendo en cuenta las necesidades de los laboratorios y atendiendo a sus sugerencias y solicitudes
- Los métodos de ensayo definidos en cada alcance o tipo de ensayo son aportados por cada laboratorio según sus procedimientos específicos, pero el organizador del ejercicio define y concreta las particularidades específicas orientadas a reducir la dispersión o incertidumbre, siempre teniendo en cuenta la normativa de ensayo (parámetros a presentar, zona válida de medida,..).
- El protocolo con la información básica será presentada a los laboratorios participantes con los detalles de funcionalidad (instrumentación, equipos auxiliares, programas de configuración de los mismos, nº de posiciones de medida, nº de técnicos capacitados, condiciones de ensayo... etc ) para tenerlo en cuenta en posteriores post-análisis, en caso de ser necesario.

##### 4. *Cronograma y fechas clave para la realización del ejercicio de ensayos*

- Se define un cronograma con el plan de actuaciones del ejercicio y se indican las fechas clave que tienen que tener en cuenta los laboratorios participantes (preinscripción, inscripción, periodo de realización de ensayos, periodo de envío de resultados y fecha prevista de entrega de informes).

##### 5. *Gestión documental y elaboración y envío de protocolos de ensayo.*

- Se documenta y gestiona toda la información relativa a la inter-comparación cumpliendo con el sistema de calidad según la norma UNE EN ISO/IEC 17043:2010.
- Se elabora el programa de los ensayos, con la información básica de inicio del ejercicio, plazos, objeto de ensayos, alcances, métodos de análisis estadístico y evaluación del desempeño y responsabilidades del organizador y los participantes.

- Se analiza nº y la competencia técnica de los laboratorios participantes en el programa y se evalúa registros y se confirma la viabilidad de la puesta en práctica de cada alcance.
  - Se elabora y se envía a los laboratorios participantes los protocolos de ensayo para cada alcance con la información básica a tener en cuenta y las instrucciones a seguir en la realización de los ensayos, previo a su realización.
- 6. Controles de estabilidad de ítems e instalaciones.**
- Para mantener la integridad de la inter-comparación, se realizan controles de estabilidad de los ítems e instalaciones de forma periódica y continuada, según el cronograma.
  - Así mismo, también se realizan controles de mantenimiento periódicos de los ítems y de las condiciones del entorno de ensayo durante el desarrollo del programa, asegurando idénticas condiciones de ensayo para todos los laboratorios y que no varíen respecto de las preestablecidas.
- 7. Acompañamiento y atención a los laboratorios participantes.**
- Se tienen en cuenta las sugerencias de mejora y adaptaciones que los laboratorios participantes en los ensayos de inter-comparación, con el objeto de definir los alcances que abarcan el programa y la transmisión de los datos a presentar.
  - A sí mismo, existe un experto técnico para atender las necesidades de los participantes o facilitar durante la realización de sus alcances, refuerzos de aplicación de procedimiento o cualquier duda técnica si fuese necesario durante el desarrollo del ejercicio.
- 8. Recepción de datos y codificación de los laboratorios participantes.**
- La organización realizara la recepción de los datos e informes de los ensayos “in situ” de los participantes, según los plazos previstos, para pasar a chequear y comprobar si están completos y cumplen con los formatos previstos.
  - Se valida el procesamiento de datos asegurando confidencialidad absoluta y se inspecciona el correcto almacenamiento de la información.
  - Los laboratorios participantes no tienen identificación, todos los datos son codificados para garantizar la confidencialidad de cara al análisis estadístico y el informe final.
- 9. Análisis estadísticos de los datos y evaluación del desempeño de los participantes.**
- Una vez codificados, se valida el traspaso de datos a la hoja de cálculo para evitar errores de traspaso de información.
- Se realiza un tratamiento estadístico de los datos con la obtención de parámetros de evaluación del desempeño de los laboratorios y otros datos estadísticos importantes coherentes con el programa diseñado.
  - Para minimizar la influencia de los valores atípicos en los resultados estadísticos, se utiliza en el tratamiento de datos métodos estadísticos robustos, o pruebas apropiadas para detectar valores estadísticos atípicos.
  - La evaluación del desempeño de los participantes y análisis estadístico robusto se lleva a cabo empleando procedimientos establecidos en la norma ISO 13528:2005.
  - Así mismo, también se tiene en cuenta lo establecido en la guía G-ENAC-14 a la hora de determinar y evaluar determinados datos estadísticos
  -

**10. Elaboración y envío de informe final completo.**

- Se elabora un informe final comprensible y completo donde se recoge toda la información indicada por la guía G-ENAC-14 y lo recomendado en la norma UNE EN ISO/IEC 17043:2010.
- Entre la información que recoge el informe se encuentra principalmente, los datos referentes al proveedor y todas las personas y organismos involucrados en el diseño y desarrollo del programa, referencias a otros documentos del programa, descripción del ítem o muestra ensayada, así como los procedimientos o normas de ensayo utilizadas, códigos de los laboratorios y sus resultados, resúmenes estadísticos y procedimientos con los que han sido obtenidos, evaluación del desempeño de los laboratorios participantes y valoración de los mismos, con detección de anomalías o causas, si las hubiere.
- Se envía dicho informe en los plazos previstos a cada participante, conservando la confidencialidad de la identidad de los laboratorios participantes.

**5. CRITERIOS TÉCNICOS PRACTICOS PARA GARANTIZAR LA CONFORMIDAD Y LA CALIDAD, EN UN EJERCICIO INTER-COMPARACION CENTRO TECNOLÓGICO DE ACÚSTICA, S.L.**

El Centro Tecnológico Acústico, S.L, es un referente en la organización de programas de inter-comparación de laboratorios de acústica para los principales alcances del sector.

El diseño y desarrollo de los ejercicios de inter-comparación se realizan teniendo en cuenta todas las etapas fundamentales indicadas en el apartado 4 y cumpliendo con un sistema de calidad certificado y acreditado, según la norma UNE EN ISO/IEC 17043:2010.

Desde el equipo responsable de la organización del CTA, se aplican los siguientes criterios y protocolos para garantizar la conformidad, la calidad y eficacia del ejercicio:

**1. Planificación y diseño de la inter-comparación.**

- Cuenta con Técnicos estadísticos con formación y experiencia reconocida.
- Un equipo de Técnicos cualificados y con experiencia de laboratorio piloto para ensayos de control y mantenimiento de estabilidad de ítems durante el ejercicio.
- Previamente al comienzo de la campaña de ensayos, se asegura la participación de un número suficiente de laboratorios en cada alcance (al menos 9 laboratorios por alcance, teniendo en cuenta 5 repeticiones de ensayo por cada laboratorio), cumpliendo así con los requisitos exigidos por la normativa para asegurar un adecuado desarrollo del cálculo estadístico. En caso de que no se alcance dicho número de participantes en algún alcance, se informa a los laboratorios interesados de tal circunstancia y se les comunica la viabilidad o no para poder realizar este tipología de ensayos según el alcance, siempre en consenso y aprobación de los laboratorios.
- El programa de lanzamiento de la inter-comparación recoge toda la información preliminar de cómo se desarrollará, los tiempos de realización y las normas de referencia para la valoración de los potenciales laboratorios participantes.

**2. Selección de instalaciones e ítems adecuados.**

- Dispone de recintos próximos entre sí, para facilitar la optimización de realización de ensayos de los laboratorios en tiempo y espacio, pudiendo concentrar varios alcances en las mismas instalaciones.
- Sus Instalaciones no están afectadas por otras actividades u focos sonoros externos o próximos que pudieran influir en los ensayos de los laboratorios.

- Las instalaciones cuentan con una gran facilidad de acceso y transporte de instrumentación acústica de los laboratorios entre los distintos recintos para los diferentes tipos de ensayos.
  - Dimensiones de recintos de ensayo adecuadas para el correcto desarrollo de los ensayos.
  - Características acústicas de los cerramientos apropiadas para poder ser evaluados objetivamente.
  - Actualización de los recintos con características similares cada dos años con el fin de evitar el conocimiento previo de los resultados esperados. Los recintos o cerramientos son sometidos a obras de reforma o cambios cada año de tal manera que cambian las características acústicas referentes al ensayo, para evitar conocimiento previo de los valores de referencia por parte de los laboratorios.
  - Disposición de mobiliario que permite el cumplimiento de requisitos normativos para cada tipo de alcance.
  - Identificación “in situ” de cada tipo de recinto en función del tipo de alcance para facilitar la operativa de los laboratorios participantes (por ejemplo, recinto emisor según norma UNE EN ISO 16283-1, recinto receptor según norma UN EN ISO 140-7, zona de ubicación de fuente de ruido,...).
  - Preparación del ítem e indicaciones “in situ” de todo tipo de consideraciones a tener en cuenta para garantizar la homogeneidad de condiciones y operativa para todos los laboratorios (por ejemplo, delimitación con cinta de las zonas válidas de medición, marcado sobre el suelo de los puntos de chequeo,...).
- 3. Selección de los métodos o procedimientos de ensayo.**
- En los alcances que forman parte del programa se tienen en cuenta, previamente a su puesta en práctica, las sugerencias de los laboratorios que han participado o pueden participar en el ejercicio. Por ejemplo, incluir o no procedimiento de baja frecuencia en ensayos de aislamiento, incluir o no componentes penalizadoras en ensayos de niveles de inmisión sonora,...).
  - Se definen particularidades en el protocolo de ensayo de cada alcance encaminadas a reducir la posible dispersión de resultados entre laboratorios. Por ejemplo, delimitar la zona válida de medición en ensayos de inmisión sonora en exteriores, delimitar horario de medida en ensayos de ruidos de infraestructuras viarias según RD1367/2007, especificar los parámetros a presentar,...).
  - Además de los resultados acústicos asociados a cada tipo de ensayo, los laboratorios deben aportar otro tipo de información referente a los ensayos para posibles post-análisis en caso de que los resúmenes estadísticos del ejercicio o la evaluación del desempeño de algún laboratorio no sea satisfactoria, con el fin de poder detectar las causas de ello. Por ejemplo, se les requiere que aporten: equipos utilizados, configuración de los mismos, nº de posiciones de medida, nº de técnicos, condiciones de ensayo, posiciones de micrófono...
- 4. Cronograma y fechas clave del ejercicio de inter-comparación.**
- Se establecen unas fechas correspondientes a cada fase del programa acorde al nº de laboratorios participantes previsto y con márgenes suficientes para que puedan llevar a cabo sus ensayos, procesarlos y enviarlos, sin ser muy largos para no prolongar en exceso el ejercicio.
  - Se planifica un calendario de participación individual de cada laboratorio con objeto de evitar la contaminación cruzada, ya que resulta inviable la participación simultánea de varios laboratorios.
- 5. Gestión documental y elaboración y envío de protocolos de ensayo.**
- Previamente a la fecha prevista de participación de cada laboratorio, se les envía el protocolo completo con las instrucciones de operativa a tener en cuenta en sus ensayos, para que sepan qué tener en cuenta con suficiente antelación y unificar criterios de actuación entre los participantes.

- Los protocolos son específicos por cada alcance, según la norma técnica cuentan con un programa que recoge, la siguiente información:
  - ✓ Planificación del programa (calendario, plazos,...).
  - ✓ Metodologías de medida.
  - ✓ Estadística utilizada y método de evaluación del desempeño de los laboratorios participantes.
  - ✓ Tipo de ítem a ensayar e instrucciones básicas de ensayo (parámetros a medir, rango de frecuencias, unidades y forma de presentar los resultados,...).
  - ✓ Número de repeticiones de ensayo de cada participante.
  - ✓ Contenido principal de los informes finales.

#### 6. **Controles de estabilidad de ítems e instalaciones.**

Para asegurar que cada laboratorio participante ensaye los mismos ítems, y que éstos, permanezcan estables durante los ensayos de aptitud de todos los participantes, y mantengan las mismas condiciones de ensayo y entorno de medida, se establecen los siguientes mecanismos de control:

- ✓ Un control inicial del ítem, incluyendo ensayos acústicos previos de caracterización para cada uno de los tipos de alcances del ejercicio, y posteriores ensayos de control periódicos cada tres meses (o 10 participantes), más uno al final del programa para cada alcance, para comprobar que el ítem mantiene las mismas condiciones existentes al inicio durante todo el desarrollo del ejercicio de inter-comparación.  
Como criterio de aceptación de estabilidad se establece una desviación máxima entre ensayos de estabilidad del ítem respecto al promedio, la incertidumbre asociada al tipo de ensayo correspondiente.  
*Nota: Estos ensayos de control de estabilidad de los ítems son realizados por un técnico cualificado y con equipos con sus certificados de calibración y verificación periódica en vigor emitidos por laboratorios acreditados ENAC, lo que garantiza la fiabilidad de resultados de los mismos de cara a validar los ítems.*
- ✓ Chequeos con carácter previo a la participación de cada Laboratorio (o como mínimo cada 15 días) para comprobar que el ítem no sufre variaciones respecto a las condiciones iniciales, realizándose chequeos de condiciones ambientales, control de acceso, posición de mobiliario, equipos de reproducción, condiciones de las instalaciones, que no existen desperfectos o deterioros...  
Se establecen unos criterios de aceptación/rechazo en las condiciones ambientales para garantizar el cumplimiento de los mismos.
- ✓ Chequeos iniciales y periódicos de los niveles de emisión de los equipos para ensayos según RD 1367/2007 y según UNE EN ISO 3746. Se definen puntos de chequeo concretos y se elabora un protocolo de instrucciones detallado para realizar dichas comprobaciones que se entrega a cada laboratorio.
- ✓ Almacenamiento y conservación en lugares asegurados para la custodia de los equipos utilizados para los alcances de ensayos según RD1367/2007 y ensayos según UNE EN ISO 3746, para evitar el deterioro de los mismos y garantizar su estabilidad en la participación de cada laboratorio.

- ✓ Para el alcance de ensayos de ruido de infraestructura viaria según el RD 1367/2007, se comprueba que las características de la autovía (tipo de tráfico, asfalto, velocidad, carriles, etc...) son las adecuadas para llevar a cabo el ensayo, así como que no existen obras u otras fuentes o elementos de ruido cercanas que pudieran influir en los ensayos.
- ✓ Cualquier deficiencia detectada en la estabilidad o integridad de los ítems o su entorno (en caso de que hubiere), es informada a los laboratorios implicados y subsanada para asegurar que todos los laboratorios ensayan los mismos ítems.

**7. Atención a laboratorios participantes.**

- Un experto técnico recibe en las instalaciones a cada laboratorio participante en el día previsto para sus ensayos y aconseja sobre los aspectos fundamentales y específicos de los alcances en los que va a participar, así como aclarar sus dudas y/o necesidades.
- Así mismo, durante el desarrollo de todo el ejercicio cuentan con un tel directo del técnico responsable que se encuentra a menos de 15´ del centro de ensayos.

**8. Recepción de datos y codificación de los laboratorios participantes.**

- Una vez realizada la recepción de todos los resultados de todos los participantes en cada alcance de clasificación, se codifican aleatoriamente a los laboratorios por separado para cada alcance, de tal manera que cada laboratorio tenga un código diferente en cada tipo de ensayo en el que ha participado.
- Posteriormente, se informa a cada participante individualmente de los códigos que le corresponden, para garantiza la confidencialidad.

**9. Análisis estadísticos de los datos y evaluación del desempeño de los participantes.**

- A través de la hoja de cálculo, se realiza una validación automática del traspaso de datos de los laboratorios para evitar posibles erratas en la operación copiar-pegar.
- Para cada alcance del programa, se realizan los cálculos de estadística robusta para obtener un adecuado tratamiento estadístico y una correcta evaluación del desempeño. Esta estadística se realiza empleando la norma ISO 13528:2015 y teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:
  - ✓ El valor asignado ( $x$ ) se obtiene según el método de consenso entre los laboratorios participantes correspondiéndose al valor promedio robusto de los resultados obtenidos por los laboratorios participantes de acuerdo al análisis robusto del algoritmo A del anejo C de la norma ISO 13528:2015.
  - ✓ La desviación estándar del ejercicio ( $\sigma_{\text{ejercicio}}$ ) se obtiene de los resultados obtenidos por los laboratorios participantes de acuerdo al análisis robusto del algoritmo A del anejo C de la norma ISO 13258:2015.
  - ✓ La desviación estándar diana u objetivo ( $\sigma_p$ ) se obtiene de la norma UNE EN ISO 12999-1:2014 cuando corresponda (en los casos de aislamiento) o bien mediante el promedio de las desviaciones estándar obtenidas en ejercicios de intercomparación anteriores.
  - ✓ La incertidumbre del valor asignado ( $u_x$ ) se obtiene mediante la estimación indicada en la norma ISO 13528:2015.

- ✓ Para la evaluación del desempeño de los laboratorios participantes en el ejercicio, se emplea el parámetro Z-Score.
- ✓ Para la detección y el tratamiento de los valores atípicos se utilizan las normas UNE 82009:1999, partes 1 y 2, en base a los test de Cochran y Grubbs como tests de aceptación o rechazo de valores aberrantes y/o anómalos.

#### 10. Elaboración y envío de informe final completo.

- En el informe final, además de la información relevante indicada en el apartado anterior basada en la guía G-ENAC-14 y en la norma UNE EN ISO/IEC 17043:2010, se realiza una valoración del resumen estadístico y de la evaluación del desempeño, detectando anomalías o causas, si las hubiere y fuera posible con la información disponible.

Todos estos aspectos, garantizan un ejercicio de ensayos de inter-comparación inter-laboratorios eficiente y de calidad.

#### 6. CALIDAD DE UN EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN RECIENTE PROMOVIDA POR CENTRO TECNOLÓGICO DE ACÚSTICA, S.L.

Como indicador de la calidad de un ejercicio de inter-comparación acústica puede usarse la dispersión de los resultados del conjunto de laboratorios participantes, tal y como lo indica la guía G-ENAC 14.

A este respecto, como el valor asignado en estos ejercicios se obtiene mediante método de consenso de los participantes, una forma de poder evaluar la eficacia y calidad del ejercicio es mediante la relación entre la desviación típica del ejercicio,  $\sigma_{\text{ejercicio}}$  y la desviación típica diana u objetivo,  $\sigma_p$ . Concretamente, si  $\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p < 1,2$  se considera que los resultados de los laboratorios han tenido muy poca dispersión y que por tanto, el ejercicio ha sido satisfactorio.

Si tomamos como ejemplo la inter-comparación promovida por Centro Tecnológico de Acústica, S.L en el año 2016, podemos observar los valores que se obtuvieron en esta relación de dispersiones para algunos de los tipos de alcances más importantes:

RD1367/2007. Medidas en interiores.

Parámetro	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
$L_{\text{Aeq}}$ (dBA)	0,59
$L_{\text{keq,T}}$ (dBA)	0,68

Tabla 1. Resultados de relación entre  $\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p$

RD1367/2007. Medidas en exteriores.

Parámetro	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
$L_{\text{Aeq}}$ (dBA)	0,75
$L_{\text{keq,T}}$ (dBA)	0,7

Tabla 2. Resultados de relación entre  $\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p$

Norma UNE EN ISO 140-4:1999.

Frecuencia	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
100Hz	0,33
125Hz	0,64
160Hz	0,72
200Hz	0,89
250Hz	0,77
315Hz	1,11
400Hz	1,17
500Hz	0,74
630Hz	1,07
800Hz	1,02
1000Hz	1,01
1250Hz	0,64
1600Hz	0,40
2000Hz	0,61
2500Hz	0,66
3150Hz	0,36
4000Hz	0,65
5000Hz	0,36
D <sub>ntw</sub>	0,78
D <sub>nTA</sub>	0,89

Tabla 3. Resultados de relación entre  $\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p$

Norma UNE EN ISO 140-7:1999.

Frecuencia	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
100Hz	0,79
125Hz	0,54
160Hz	0,79
200Hz	0,62
250Hz	0,60
315Hz	0,94
400Hz	1,08
500Hz	0,54
630Hz	0,20
800Hz	0,51
1000Hz	0,53
1250Hz	0,42
1600Hz	0,45
2000Hz	0,42
2500Hz	0,52
3150Hz	0,52
4000Hz	0,54
5000Hz	0,94
L' <sub>nTw</sub>	0,70

Tabla 5. Resultados de relación entre  $\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p$

Norma UNE EN ISO 16283-1:2015.

Frecuencia	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
100Hz	0,54
125Hz	0,52
160Hz	0,54
200Hz	0,68
250Hz	0,86
315Hz	0,89
400Hz	0,91
500Hz	0,60
630Hz	0,96
800Hz	1,11
1000Hz	1,10
1250Hz	0,86
1600Hz	0,47
2000Hz	0,60
2500Hz	0,65
3150Hz	0,44
4000Hz	0,83
5000Hz	0,53
D <sub>ntw</sub>	0,44
D <sub>nTA</sub>	0,78

Tabla 4. Resultados de relación entre  $\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p$

Norma UNE EN ISO 3382-2:2008.

Frecuencia	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
125 Hz	0,62
250 Hz	0,66
500 Hz	0,00
1 kHz	0,34
2 kHz	0,00
4 kHz	0,39

Tabla 6. Resultados de relación entre  $\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p$

Estos ejemplos de valores de la relación entre las desviaciones típicas del ejercicio y diana  $\sigma_{\text{ejercicio}}$  y  $\sigma_p$ , nos dan una muestra de que la calidad del ejercicio ha sido satisfactoria.

Así mismo, comparando estos valores con los obtenidos en ejercicios de intercomparación anteriores promovidos por AECOR con la garantía de su acreditación por ENAC, para los mismos tipos de ensayos acústicos, comprobamos que son de un orden similar, y en ambos casos se puede concluir que la precisión del ejercicio ha sido adecuada, proporcionando calidad a la correcta evaluación del desempeño de los laboratorios participantes.

Un ejemplo de esto último lo observamos en las siguientes tablas donde se muestran los valores de la relación  $\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p$  en ambos ejercicios para dos tipos de alcances diferentes:

*Intercomparación AECOR 2015*  
*Alcance UNE EN ISO 140-4:1999*

Frecuencia	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
100Hz	0,29
125Hz	0,59
160Hz	0,84
200Hz	0,55
250Hz	0,8
315Hz	0,96
400Hz	0,63
500Hz	0,81
630Hz	0,8
800Hz	0,54
1000Hz	0,69
1250Hz	0,56
1600Hz	0,33
2000Hz	0,71
2500Hz	0,85
3150Hz	0,86
4000Hz	0,85
5000Hz	0,49
$D_{\text{ntw}}$	0,67
$D_{\text{nTA}}$	1,11

*Intercomparación CTA 2016*  
*Alcance UNE EN ISO 140-4:1999*

Frecuencia	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
100Hz	0,33
125Hz	0,64
160Hz	0,72
200Hz	0,89
250Hz	0,77
315Hz	1,11
400Hz	1,17
500Hz	0,74
630Hz	1,07
800Hz	1,02
1000Hz	1,01
1250Hz	0,64
1600Hz	0,40
2000Hz	0,61
2500Hz	0,66
3150Hz	0,36
4000Hz	0,65
5000Hz	0,36
$D_{\text{ntw}}$	0,78
$D_{\text{nTA}}$	0,89

Tabla 7. Comparativa de la relación entre desviaciones  $\sigma_{\text{ejercicio}}$  y  $\sigma_p$  en 2 ejercicios de intercomparación acústica de diferente proveedor en un mismo alcance (UNE EN ISO 140-4:1999)

*Intercomparación AECOR 2015*  
*Alcance UNE EN ISO 140-7:1999*

Frecuencia	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
100Hz	0,44
125Hz	0,75
160Hz	0,65
200Hz	0,6
250Hz	0,69
315Hz	0,77
400Hz	0,57

*Intercomparación CTA 2016*  
*Alcance UNE EN ISO 140-7:1999*

Frecuencia	$(\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p)$
100Hz	0,79
125Hz	0,54
160Hz	0,79
200Hz	0,62
250Hz	0,60
315Hz	0,94
400Hz	1,08

500Hz	0,54
630Hz	0,58
800Hz	0,64
1000Hz	0,6
1250Hz	0,86
1600Hz	1,07
2000Hz	1,02
2500Hz	1,04
3150Hz	1,04
4000Hz	1,18
5000Hz	0,97
L' nTw	0,6

500Hz	0,54
630Hz	0,20
800Hz	0,51
1000Hz	0,53
1250Hz	0,42
1600Hz	0,45
2000Hz	0,42
2500Hz	0,52
3150Hz	0,52
4000Hz	0,54
5000Hz	0,94
L' nTw	0,70

Tabla 8. Comparativa de la relación entre desviaciones  $\sigma_{\text{ejercicio}}$  y  $\sigma_p$  en 2 ejercicios de intercomparación acústica de diferente proveedor en un mismo alcance (UNE EN ISO 140-7:1999)

Como podemos observar en las tablas anteriores, en ambos ejercicios, con condiciones de ensayo similares y con un nº de laboratorios participantes adecuado para ambos casos, se cumple con la relación  $\sigma_{\text{ejercicio}} / \sigma_p < 1,2$  en todas las bandas de frecuencia y en valores globales y los resultados obtenidos son de orden similar, garantizando la calidad de la intercomparación.

Otra forma de estimar la calidad de los resultados de la intercomparación es verificando que la evaluación del desempeño ha sido satisfactoria para todos los participantes (los valores del parámetro Z-Score estén comprendidos entre -2 y 2 para todos los participantes) y/o la relación

entre los cuadrados de la incertidumbre del valor asignado,  $u_x^2$  y la desviación estándar diana,  $\sigma_p^2$ , es de valores muy bajos, concretamente  $< 0,1$  ( $u_x^2 / \sigma_p^2 < 0,1$ ).

Como ejemplo, a continuación se muestran unas tablas de los valores de estos parámetros para dos de los alcances más habituales, obtenidos en la última intercomparación organizada por Centro Tecnológico Acústico, donde se pueden observar que son generalmente satisfactorios:

RD1367/2007. Medidas en interiores.

Parámetro	$(u_x^2 / \sigma_p^2)$
L <sub>Aeq</sub> (dBA)	0,04
L <sub>keq,T</sub> (dBA)	0,05

Tabla 9. Resultados de relación entre  $u_x^2$  y  $\sigma_p^2$

RD1367/2007. Medidas en exteriores

Parámetro	$(u_x^2 / \sigma_p^2)$
L <sub>Aeq</sub> (dBA)	0,06
L <sub>keq,T</sub> (dBA)	0,05

Tabla 10. Resultados de relación entre  $u_x^2$  y  $\sigma_p^2$

RD1367/2007. Medidas en interiores.

Parámetro	LABxxx						
L <sub>Aeq, corr</sub> (dBA)	0,46	-0,69	-0,47	0,06	-0,48	-0,54	-0,19
L <sub>Keq,T</sub> (dBA)	0,51	-0,70	-1,92	0,11	-0,30	-2,73	-0,30

Parámetro	LABxxx	LABxxx	LABxxx	LABxxx	LABxxx	LABxxx
L <sub>Aeq, corr</sub> (dBA)	1,02	1,05	-0,04	-0,21	-0,04	0,36
L <sub>Keq,T</sub> (dBA)	0,92	0,92	0,11	-0,30	0,11	0,51

Tablas 11. Resultados de la evaluación del desempeño (Z-Score) de los participantes

RD1367/2007. Medidas en exteriores

Parámetro	LABxxx						
L <sub>Aeq, corr</sub> (dBA)	0,52	0,28	0,70	0,76	-0,87	-0,32	-1,31
L <sub>Keq,T</sub> (dBA)	-0,25	0,66	1,11	-0,25	-0,25	-0,25	-0,70

Parámetro	LABxxx						
L <sub>Aeq, corr</sub> (dBA)	-1,65	-0,21	0,30	0,29	0,06	0,98	-0,54
L <sub>Keq,T</sub> (dBA)	-1,15	0,20	-0,70	0,66	0,66	1,56	-0,25

Tablas 12. Resultados de la evaluación del desempeño (Z-Score) de los participantes

## 7. CONCLUSIONES.

- Para poder desarrollar un ejercicio de inter-comparación con conformidad técnica y calidad, es imprescindible que el organizador del programa tenga implando un sistema de calidad según la norma UNE EN ISO/IEC 17043:2010 (Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los ensayos de aptitud).
- Para garantizar el buen desarrollo del ejercicio es necesario protocolizar todas sus fases, la planificación, el diseño del ejercicio, la preparación de la documentación y procedimientos de ensayo, contar con personal cualificado, control y mantenimientos de la estabilidad de los ítems, realizar un análisis estadístico robusto de los datos, y ofrecer a los laboratorios participantes un informe final claro y completo.
- Para garantizar que las distintas etapas o fases del ejercicio de inter-comparación se ejecutan con el rigor técnico y bajo condiciones preestablecidas para todos los participantes, debe de estar justificado mediante registros verificados y contrastados.
- Centro Tecnológico Acústico, S.L, organiza y colabora en ejercicios de inter-comparación desde hace 10 años, cumpliendo y garantizando la calidad mediante un sistema normalizado y mejorado por la experiencia de su aplicación. Los informes finales de la inter-comparación recogen toda la información indicada en la guía GENAC-14 (datos proporcionados por el proveedor, datos proporcionados por los participantes y resultados de los ensayos de inter-comparación con evaluación del desempeño de los laboratorios), siendo claros, sencillos y completos. Si se toma como indicador de la calidad de la intercomparación las desviaciones de dispersión de los resultados del conjunto de laboratorios participantes (relación entre  $\sigma_{ejercicio}$  y  $\sigma_p$ ), como hemos podido observar en el apartado 6, son valores generalmente bajos, lo que nos da una muestra de la eficacia y rigor técnico con que se desarrollan estos ejercicios. Así mismo, los valores de Z-Score (como parámetro que evalúa el desempeño de los laboratorios) y la relación entre los cuadrados de la incertidumbre

del valor asignado,  $u_x^2$  y la desviación estándar diana,  $\sigma_p^2$ , también tienen, valores satisfactorios, por lo que se considerará programas de inter-comparación de referencia.

#### 8. BIBLIOGRAFÍA

- UNE EN ISO/IEC 17043:2010. "Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los ensayos de aptitud".
- ISO 13528:2005. "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons".
- G-ENAC-14. "Guía sobre la participación en programas de intercomparaciones".
- CGA-ENAC-PPI. "Criterios Generales de Acreditación de proveedores de Programas de intercomparaciones según la UNE 66543-1 y la Guía ILAC G-13".
- Selection, Use and Interpretation of Proficiency Testing Schemes. EURACHEM 2<sup>nd</sup> Edition 2011.
- ILAC-P9:11/2010 "ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities".